



دانشگاه یزد  
دانشکده علوم  
گروه شیمی

پایان نامه  
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد  
شیمی تجزیه

اندازه‌گیری اسپکترومتری برخی از فلزات سنگین بعد از جداسازی و  
پیش‌تغلیظ با استفاده از بعضی از باز شیف‌ها

استاد راهنما: دکتر علی محمد حاجی شعبانی

استاد مشاور: دکتر شایسته دادفرنیا

پژوهش و نگارش: وجیهه تجویدی

مهرماه ۱۳۸۸

خدایا!

به تو پناه می‌برم از آن‌که در سایه بی‌نیازیت نادار مانم، یا در روشنی  
هدایتت به گمراهی دچار، یا در پناه قدرتت به ستمی گرفتار، یا کار به  
دست تو باشد و من خوار!

تقدیم به

آن محبوب از دیده نهان

که امید دل‌های شکسته

و مرهم قلب‌های خسته است.

تقدیم به

پدر فداکارم!

به استوارترین، صبورترین و بزرگواریترین راهنمای زندگیام  
به او که واژه‌های تلاش، صبر و ایستادگی به نامش تجلی می‌یابند.

مادر نازنینم!

به پاک‌ترین، گران‌قدرترین و جاودانه‌ترین عشق زندگیام  
به او که واژه مهربانی از نام بلندش شرمگین است.

همسر مهربانم!

تکیه‌گاه امن بودنم، همراه همیشگی زندگیام  
به او که واژه‌های پاکی، صداقت و ایثار را برایم معنا بخشید.

خواهران و برادران عزیزم!

که همیشه پشتوانه من بوده‌اند.

و همه آنانی که دوستشان دارم

و قلم از وصف نیکی‌هایشان قاصر است و

تنها خدای مهربان بر جبران زحماتشان قادر!

## تشکر و قدردانی:

حمد و سپاس ذات پاک و بی‌نیاز معبودی که به قلم، قداست و به انسان، کرامت بخشید و او را به زیور علم و دانش بیاراست. اینک که توفیق تهیه و تدوین این مجموعه ناچیز را یافته‌ام، مراتب سپاس و قدردانی خود را نسبت به تمام بزرگوارانی که در این مدت از محضرشان کسب فیض و علم نموده‌ام، ابراز می‌دارم و نام این عزیزان را زینت‌بخش این دفتر می‌نمایم.

صمیمانه‌ترین سپاس و تشکر را به استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر علی محمد حاجی شعبانی، استاد علم و اخلاقم که بدون سعه صدر، دلسوزی‌های بی‌دریغ و راهنمایی‌های سودمند ایشان، انجام این پروژه غیر ممکن می‌نمود، تقدیم می‌نمایم.

از استاد گرانقدر، سرکار خانم شایسته دادفرنیا، مشاور عزیزم که از راهنمایی‌های مفیدشان بهره بردم، کمال تشکر و امتنان را دارم.

از جناب آقای دکتر وفازاده و جناب آقای دکتر جعفری و دوستان عزیزم خانم حمیده بخشایش و خانم مهشید نظریور که در سنتز لیگاند بنده را یاری کردند، بسیار سپاسگزارم. از خانواده عزیزم که در تمام مراحل همواره مشوق و پشتیبان من بودند، تقدیر و تشکر می‌نمایم.

از همسر مهربانم که در طول این مدت همواره یاور و تکیه‌گاه من بودند، صمیمانه تشکر می‌نمایم و محبت‌هایشان هرگز فراموشم نخواهد شد.

و در پایان ارج می‌نهم لطف تمام کسانی را که در این راه یاریم کردند و نامی از آنها به میان نیامد.

## چکیده

روش استخراج فاز جامد جدیدی برای تغلیظ هم‌زمان مقادیر ناچیز  $\text{Pb}^{2+}$  و  $\text{Co}^{2+}$ ،  $\text{Ni}^{2+}$  قبل از اندازه‌گیری به وسیله اسپکترومتری جذب اتمی شعله‌ای (FAAS) پیشنهاد شده است. روش بر اساس جذب یون‌های مورد اندازه‌گیری روی کربن فعال بارگیری شده با  $\text{Ni}^{2+}$  و  $\text{Co}^{2+}$  (۸۵-دی اکسا-۱۱ و ۱۱۲-دی آزادودکا-۱۱ و ۱۱-دی ان-۱۲ و ۱۲-دی ایل) دی فنل استوار است. فلزات جذب شده روی کربن فعال با استفاده از ۵ ml نیتریک اسید ۱ M شسته می‌شوند. تاثیر عوامل تجزیه‌ای شامل pH، حجم نمونه، نوع شوینده، سرعت‌های جریان نمونه و شوینده و مقدار جاذب بررسی شد. اثر یون‌های پیکره نمونه در بازداري یون‌های مورد اندازه‌گیری نیز مطالعه شد. مقادیر حد تشخیص (تعریف شده به صورت مقادیری از گونه‌های مورد اندازه‌گیری بر حسب  $\mu\text{g l}^{-1}$  که نسبت علامت به نوفه ۳ را ایجاد می‌کنند) ۰/۱، ۰/۱ و ۰/۹ بودند. روش به طور موفقیت‌آمیز برای اندازه‌گیری مقایر ناچیز  $\text{Pb}^{2+}$  و  $\text{Co}^{2+}$ ،  $\text{Ni}^{2+}$  در نمونه‌های حقیقی به کار برده شد.

روشی ساده و قابل اعتماد برای اندازه‌گیری نیکل با روش اسپکترومتری جذب اتمی شعله‌ای بعد از استخراج و تغلیظ به وسیله استخراج نقطه ابری ارائه داده شده است. N-(۲-کربوکسی فنیل) سالیسیلیدین ایمین و تریتون X-۱۱۴ به ترتیب به عنوان لیگاند آب‌گریز و سورفاکتانت غیر یونی استفاده شدند. متغیرهای شیمیایی مؤثر در تشکیل کمپلکس و مراحل استخراج بهینه شدند. در شرایط بهینه، پیش‌تغلیظ ۲۵ ml از نمونه در حضور ۰/۱۶٪ تریتون X-۱۱۴ حد تشخیص  $\mu\text{g l}^{-1}$  ۱/۲ را فراهم می‌آورد. انحراف استاندارد نسبی (RSD) برای هفت اندازه‌گیری تکراری در غلظت  $\mu\text{g l}^{-1}$  ۳۶ نیکل ۰/۱۶٪ بود. روش پیشنهادی به طور موفقیت‌آمیز برای اندازه‌گیری مقادیر ناچیز نیکل در نمونه‌های حقیقی به کار برده شد.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان	چکیده
۱	فصل اول: اصول استخراج فاز جامد و کاربرد کربن فعال به عنوان جاذب	
۲	۱-۱- تاریخچه استخراج فاز جامد	
۲	۲-۱- معرفی روش	
۲	۱-۲-۱- اصول کلی روش	
۴	۲-۲-۱- مراحل انجام کار در استخراج فاز جامد	
۶	۳-۱- مراحل ابداع روش استخراج فاز جامد	
۶	۱-۳-۱- انتخاب جاذب مناسب	
۶	۴-۱- مکانیسم‌های برهم‌کنش گونه با فاز جامد	
۹	۵-۱- انواع جاذب‌ها	
۹	۱-۵-۱- جاذب‌های کلاسیک	
۹	۱-۱-۵-۱- سیلیکاژل	
۱۰	۲-۱-۵-۱- آلومینا	
۱۰	۳-۱-۵-۱- منیزیم سیلیکات	
۱۰	۴-۱-۵-۱- کربن	
۱۲	۲-۵-۱- فازهای ساکن پلیمری	
۱۳	۳-۵-۱- فازهای پیوندی	
۱۴	۶-۱- بررسی عوامل مؤثر در بهبود استخراج فاز جامد	



۱۶	۷-۱- اثر سرعت جریان عبور نمونه آبی در استخراج فاز جامد
۱۶	۸-۱- لوازم مورد استفاده جهت استخراج فاز جامد
۱۶	۱-۸-۱- میکروستون‌ها
۱۷	۲-۸-۱- سرنگ‌ها
۱۷	۳-۸-۱- کارتریج‌ها
۱۸	۴-۸-۱- دیسک‌ها
۱۹	۹-۱- آشنایی بیشتر با کربن فعال
۱۹	۱-۹-۱- کاربردهای کربن فعال
۲۰	۲-۹-۱- طرز تهیه کربن فعال
۲۱	۳-۹-۱- روش‌های فعال‌سازی کربن
۲۱	۴-۹-۱- ساختمان کربن فعال
۲۲	۵-۹-۱- خواص فیزیکی و شیمیایی کربن فعال
۲۲	۶-۹-۱- نیروهای جذب و مکانیسم جذب سطحی
۲۳	۱-۶-۹-۱- جذب سطحی روی کربن فعال
۲۴	<b>فصل دوم: اندازه‌گیری نیکل، کبالت و سرب با اسپکترومتری جذب اتمی شعله‌ای بعد از جداسازی و تغلیظ با روش استخراج فاز جامد</b>
۲۵	۱-۲- سرب، نیکل و کبالت از دیدگاه زیست محیطی
۲۸	۲-۲- اهمیت تغلیظ هم‌زمان عناصر
۲۸	۳-۲- مروری بر کارهای انجام شده با کربن فعال به عنوان فاز جامد برای تغلیظ و اندازه‌گیری پی در پی عناصر با اسپکتروسکوپی اتمی
۳۱	۴-۲- بازهای شیف

۳۲	۱-۴-۲- شناسایی طیفی لیگاند باز شیف سنتزی
۳۵	۵-۲- هدف تحقیق
۳۵	۶-۲- بخش تجربی
۳۵	۱-۶-۲- دستگاه‌های مورد استفاده
۳۵	۲-۶-۲- مواد شیمیایی مورد استفاده
۳۶	۳-۶-۲- تهیه محلول‌های مورد استفاده
۳۶	۴-۶-۲- تهیه کربن فعال اصلاح شده
۳۷	۵-۶-۲- روش تهیه ستون
۳۷	۶-۶-۲- آماده‌سازی نمونه‌های حقیقی
۳۷	۱-۶-۶-۲- آماده‌سازی نمونه‌های آب
۳۷	۲-۶-۶-۲- آماده‌سازی نمونه چای سیاه
۳۸	۳-۶-۶-۲- آماده‌سازی نمونه آرد برنج
۳۸	۴-۶-۶-۲- آماده‌سازی نمونه استاندارد
۳۸	۷-۶-۲- روش پیشنهادی
۳۸	۷-۲- نتایج و بحث
۳۹	۱-۷-۲- اثر pH
۳۹	۲-۷-۲- اثر مقدار جاذب
۴۱	۳-۷-۲- اثر حجم محلول نمونه
۴۱	۴-۷-۲- اثر نوع شوینده
۴۱	۵-۷-۲- اثر غلظت شوینده
۴۶	۶-۷-۲- اثر سرعت عبور محلول

۴۶	۷-۷-۲- ظرفیت جاذب
۴۸	۸-۷-۲- بررسی مزاحمت‌ها
۴۸	۸-۲- ارقام شایستگی
۵۱	۹-۲- کاربرد روش برای نمونه‌های حقیقی
۵۱	۱-۹-۲- اندازه‌گیری عناصر در نمونه استاندارد
۵۳	۲-۹-۲- کاربرد روش برای نمونه‌های آب، چای سیاه و آرد برنج
۵۳	۱۰-۲- نتیجه‌گیری
۵۸	فصل سوم: اصول و کاربرد استخراج نقطه ابری در استخراج یون‌های فلزی
۵۹	۱-۳- مقدمه
۶۰	۲-۳- سورفاکتانت‌ها
۶۰	۱-۲-۳- طبقه‌بندی سورفاکتانت‌ها
۶۲	۳-۳- جدایی فاز در سیستم‌های میسلی
۶۴	۴-۳- مکانیسم‌های پیشنهادی برای جدایی فازها
۶۴	۵-۳- استخراج نقطه ابری
۶۶	۱-۵-۳- عوامل مؤثر در استخراج نقطه ابری
۶۶	۱-۱-۵-۳- اثر نوع و غلظت سورفاکتانت
۶۷	۲-۱-۵-۳- اثر pH
۶۷	۳-۱-۵-۳- اثر افزودنی‌های آلی و معدنی
۶۷	۴-۱-۵-۳- اثر دما و زمان حرارت
۶۸	۵-۱-۵-۳- اثر حلال‌های رقیق‌کننده فاز غنی از سورفاکتانت
۶۹	۲-۵-۳- کاربرد استخراج نقطه ابری در تجزیه عناصر

۷۳	فصل چهارم: اندازه‌گیری نیکل با اسپکترومتری جذب اتمی شعله‌ای بعد از جداسازی و تغلیظ با روش استخراج نقطه ابری
۷۴	۴-۱- ویژگی‌های نیکل
۷۴	۴-۱-۱- کاربرد نیکل
۷۵	۴-۱-۲- اثرات نیکل بر سلامت انسان
۷۶	۴-۲- مروری بر اندازه‌گیری، جداسازی و تغلیظ نیکل با روش استخراج نقطه ابری
۸۰	۴-۳- هدف تحقیق
۸۱	۴-۴- بخش تجربی
۸۱	۴-۴-۱- دستگاه‌های مورد نیاز
۸۱	۴-۴-۲- مواد شیمیایی مورد استفاده
۸۲	۴-۴-۳- تهیه محلول‌های مورد استفاده
۸۲	۴-۴-۴- آماده‌سازی نمونه‌های حقیقی
۸۲	۴-۴-۴-۱- آماده‌سازی نمونه‌های آب و پساب
۸۲	۴-۴-۴-۲- آماده‌سازی نمونه آرد برنج و چای سیاه
۸۳	۴-۴-۴-۳- آماده‌سازی نمونه استاندارد
۸۳	۴-۴-۵- روش کار
۸۴	۴-۵- نتایج و بحث
۸۴	۴-۵-۱- اثر pH
۸۶	۴-۵-۲- اثر غلظت لیگاند
۸۶	۴-۵-۳- اثر غلظت سورفاکتانت
۸۶	۴-۵-۴- اثر دما و زمان تعادل

۸۹	۴-۵-۵- مدت زمان سانتریفوژ
۸۹	۴-۵-۶- اثر قدرت یونی
۸۹	۴-۵-۷- بررسی مزاحمت‌ها
۹۴	۴-۶- ارقام شایستگی
۹۸	۴-۷- کاربرد روش برای نمونه‌های حقیقی
۹۸	۴-۷-۱- اندازه‌گیری نیکل در نمونه استاندارد مرجع
۹۹	۴-۷-۲- کاربرد روش برای نمونه‌های آب، چای و آرد برنج
۱۰۰	۴-۸- نتیجه‌گیری
۱۰۲	منابع

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۳	جدول ۱-۱- تاریخچه استخراج فاز جامد
۸	جدول ۲-۱- جاذب‌های رایج در استخراج فاز جامد
۴۰	جدول ۱-۲- اثر pH محلول بر میزان بازیابی نیکل، کبالت و سرب
۴۲	جدول ۲-۲- اثر مقدار جاذب اصلاح شده بر میزان بازیابی نیکل، کبالت و سرب
۴۳	جدول ۳-۲- اثر حجم محلول بر میزان بازیابی نیکل، کبالت و سرب
۴۴	جدول ۴-۲- اثر نوع شوینده بر میزان بازیابی نیکل، کبالت و سرب
۴۵	جدول ۵-۲- اثر غلظت نیتریک اسید بر میزان بازیابی نیکل، کبالت و سرب
۴۷	جدول ۶-۲- اثر سرعت جریان عبور محلول بر میزان بازیابی نیکل، کبالت و سرب
۴۹	جدول ۷-۲- اثر یون‌های مزاحم بر میزان بازیابی نیکل، کبالت و سرب
۵۰	جدول ۸-۲- جذب نیکل، کبالت و سرب در غلظت‌های مختلف
۵۲	جدول ۹-۲- بررسی تکرارپذیری روش
۵۳	جدول ۱۰-۲- مشخصه‌های تجزیه‌ای روش پیشنهادی برای نیکل، کبالت و سرب
۵۴	جدول ۱۱-۲- نتایج حاصل از اندازه‌گیری نیکل، کبالت و سرب در نمونه استاندارد
۵۵	جدول ۱۲-۲- نتایج حاصل از اندازه‌گیری نیکل، کبالت و سرب در نمونه‌های آب
۵۶	جدول ۱۳-۲- نتایج حاصل از اندازه‌گیری نیکل، کبالت و سرب در نمونه‌های آرد برنج و چای سیاه
۵۷	جدول ۱۴-۲- مقایسه میان روش‌های دیگر استخراج فاز جامد با استفاده از کربن فعال و روش حاضر

- جدول ۳-۱- برخی از کاربردهای استخراج نقطه ابری در اندازه‌گیری فلزات با الکتروفورز  
۷۰ موئینه
- جدول ۳-۲- برخی از کاربردهای استخراج نقطه ابری یون‌های فلزی به منظور اندازه‌گیری با  
۷۰ اسپکتروسکوپی مولکولی UV
- جدول ۳-۳- برخی از کاربردهای استخراج نقطه ابری یون‌های فلزی به منظور اندازه‌گیری با  
۷۱ جذب اتمی شعله‌ای
- جدول ۳-۴- برخی از کاربردهای استخراج نقطه ابری یون‌های فلزی به منظور اندازه‌گیری با  
۷۲ جذب اتمی الکتروترمال
- جدول ۴-۱- اثر pH محلول بر میزان جذب نیکل  
۸۵
- جدول ۴-۲- اثر غلظت لیکاند بر میزان جذب نیکل  
۸۷
- جدول ۴-۳- اثر غلظت سورفاکتانت بر میزان جذب نیکل  
۸۸
- جدول ۴-۴- اثر دمای تعادل بر میزان جذب نیکل  
۹۰
- جدول ۴-۵- اثر زمان تعادل بر میزان جذب نیکل  
۹۱
- جدول ۴-۶- اثر زمان سانتریفیوژ بر میزان جذب نیکل  
۹۲
- جدول ۴-۷- اثر قدرت یونی محلول بر میزان جذب نیکل  
۹۳
- جدول ۴-۸- اثر یون‌های خارجی بر بازیابی نیکل به روش نقطه ابری  
۹۵
- جدول ۴-۹- جذب مربوط به غلظت‌های مختلف نیکل بعد از پیش‌تغلیظ  
۹۶
- جدول ۴-۱۰- بررسی تکرارپذیری روش  
۹۷
- جدول ۴-۱۱- مشخصه‌های تجزیه‌ای روش پیشنهادی برای نیکل  
۹۸
- جدول ۴-۱۲- نتایج حاصل از اندازه‌گیری نیکل در نمونه‌های استاندارد  
۹۹
- جدول ۴-۱۳- نتایج حاصل از اندازه‌گیری نیکل در نمونه‌های آرد برنج و چای سیاه  
۹۹

جدول ۴-۱۴- نتایج حاصل از اندازه‌گیری نیکل در نمونه‌های آب ۱۰۰

جدول ۴-۱۵- مقایسه میان روش مورد مطالعه و دیگر روش‌های نقطه ابری کار شده برای  
۱۰۱

نیکل



## فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۵	شکل ۱-۱- مراحل استخراج فاز جامد
۱۸	شکل ۲-۱- وسایل مورد استفاده در استخراج فاز جامد
۲۲	شکل ۳-۱- ساختمان کربن فعال
۳۲	شکل ۱-۲- لیگاند باز شیف سنتزی
۳۳	شکل ۲-۲- شکل ۲-۲- طیف $^1\text{HNMR}$ لیگاند سنتزی
۳۳	شکل ۳-۲- شکل ۳-۲- طیف $^{13}\text{CNMR}$ لیگاند سنتزی
۳۴	شکل ۴-۲- شکل ۴-۲- طیف FT-IR لیگاند سنتزی
۴۰	شکل ۵-۲- اثر pH محلول بر میزان بازیابی نیکل، کبالت و سرب
۴۲	شکل ۶-۲- اثر مقدار جاذب اصلاح شده بر میزان بازیابی نیکل، کبالت و سرب
۴۳	شکل ۷-۲- اثر حجم محلول بر میزان بازیابی نیکل، کبالت و سرب
۴۴	شکل ۸-۲- اثر نوع شوینده بر میزان بازیابی نیکل، کبالت و سرب
۴۵	شکل ۹-۲- اثر غلظت نیتریک اسید بر میزان جذب نیکل، کبالت و سرب
۴۷	شکل ۱۰-۲- اثر سرعت جریان عبور محلول بر میزان بازیابی نیکل، کبالت و سرب
۵۰	شکل ۱۱-۲- نمودار معیارگیری نیکل، کبالت و سرب
۵۲	شکل ۱۲-۲- تکرارپذیری روش
۶۱	شکل ۱-۳- ساختارهای منظم مولکولی سورفاکتانت‌ها در محلول
۶۳	شکل ۲-۳- دیاگرام فازی سری همولوگ محلول‌های سورفاکتانت غیر یونی اکسی اتیلن‌دار ( $\text{C}_i\text{E}_j$ )
۶۵	شکل ۳-۳- مراحل استخراج نقطه ابری
۸۱	شکل ۱-۴- لیگاند باز شیف N-(۲-کربوکسی فنیل)سالیسیلیدین ایمین (SAA)

شکل ۴-۲- سیستم تجزیه تزریق در جریان مورد استفاده برای تزریق و اندازه‌گیری

۸۴

نیکل

۸۵

شکل ۴-۳- اثر pH محلول بر میزان جذب نیکل

۸۷

شکل ۴-۴- اثر غلظت لیکاند بر میزان جذب نیکل

۸۸

شکل ۴-۵- اثر غلظت سورفاکتانت بر میزان جذب نیکل

۹۰

شکل ۴-۶- اثر دمای تعادل بر میزان جذب نیکل

۹۱

شکل ۴-۷- اثر زمان تعادل بر میزان جذب نیکل

۹۲

شکل ۴-۸- اثر زمان سانتریفوژ بر میزان جذب نیکل

۹۳

شکل ۴-۹- اثر قدرت یونی محلول بر میزان جذب نیکل

۹۶

شکل ۴-۱۰- نمودار معیارگیری نیکل در غلظت‌های مختلف

۹۷

شکل ۴-۱۱- بررسی تکرارپذیری روش

## فصل اول

اصول استخراج فاز جامد و کاربرد کربن فعال به عنوان جاذب

## ۱-۱- تاریخچه استخراج فاز جامد

اولین کاربرد مهم استخراج فاز جامد<sup>۱</sup> در اوایل دهه ۱۹۵۰ با استفاده از بستر زغال چوب به عنوان فاز جامد برای استخراج ترکیبات آلی از آب معرفی شد. سپس جاذب‌های مختلفی به عنوان فاز جامد برای انجام استخراج مورد استفاده قرار گرفتند. کربن در شکل‌های مختلفش به عنوان جاذب استفاده شده است. در اوایل دهه ۱۹۷۰ استفاده از خانواده پلیمرها با تخلخل زیاد برای تجزیه مایعات بیولوژیکی مطرح شد و در سال ۱۹۷۸ از سیلیکای اصلاح شده فاز پیوندی به عنوان فاز جامد استفاده شد و این فاز جامد در تهیه کارتریج<sup>۲</sup> به کار رفت. در اواخر دهه ۱۹۸۰ میکرو استخراج فاز جامد به عنوان شکل جدیدی از استخراج با فاز جامد معرفی شد و در سال ۱۹۹۰ استفاده از غشاهای پوشیده‌شده با ذرات جامد و در اواسط دهه ۱۹۹۰ دیسک‌های شیشه‌ای حاوی ذرات جاذب عرضه گردید [۱، ۲]. سیر تاریخی استخراج فاز جامد به اختصار در در جدول ۱-۱ آورده شده است. در سال‌های اخیر از روش استخراج فاز جامد به طور گسترده برای تغلیظ آلاینده‌های آلی مخصوصاً حشره‌کش‌ها در نمونه‌های آبی استفاده شده است. این روش با موفقیت برای استخراج یون‌های فلزی و همچنین مطالعات گونه‌شناسی نیز به کار رفته است [۳].

مزایای استخراج فاز جامد شامل امکان دستیابی به ضرایب تغلیظ بالا، استخراج خالص، خودکارسازی آسان، سازگاری با روش‌های مختلف دستگاهی، استفاده کم از حلال‌های آلی و کاهش زمان و هزینه آماده‌سازی نمونه می‌باشد [۴].

## ۲-۱- معرفی روش

### ۱-۲-۱- اصول کلی روش

اصول استخراج فاز جامد شبیه استخراج مایع-مایع شامل توزیع ماده حل‌شونده بین دو فاز است، با این تفاوت که در این جا از یک فاز مایع (محلول تجزیه‌ای) و یک فاز جامد (جاذب)، به

<sup>۱</sup> Solid Phase Extraction

<sup>۲</sup> Cartridge